Aus dem
Tierphysiologischen Institut der Universität München.
Vorstand: Professor Dr. J. Paechtner.

Über die Oberflächenspannung des Blutes von Ziegen und Schafen, insbesondere von Ziegen- und Schaflämmern.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Veterinärmedizin an der Tierärztlichen Fakultät der Universität in München

vorgelegt von

Alfons Schunck
Tierarzt
aus Webenheim.

München 1939
Nr. 60/39

Gedruckt in der Dissertationsdruckerei von Robert Kleinert, Quakenbrück

Aus dem
Tierphysiologischen Institut der Universität München.
Vorstand: Professor Dr. J. Paechtner.

Über die Oberflächenspannung des Blutes von Ziegen und Schafen, insbesondere von Ziegen- und Schaflämmern.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Veterinärmedizin an der Tierärztlichen Fakultät der Universität in München

vorgelegt von

Alfons Schunck
Tierarzt
aus Webenheim.

München 1939
Nr. 60/39

Gedruckt in der Dissertationsdruckerei von Robert Kleinert, Quakenbrück

Gedruckt
mit Genehmigung des Dekans der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München.

Dekan: Prof. Dr. med. vet. Wilhelm Ernst.
Berichterstatter: Prof. Dr. med. vet. Johannes Paechtner.
Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. vet. Anton Otto Stoss.

Tag der mündlichen Prüfung: 14. Juli 1939.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet!

Inhaltsverzeichnis.

Seite

A. I. Einleitung 7

II. Literatur 8

B. Eigene Untersuchungen 10

I. Untersuchungsmaterial und Blutentnahme 10

II. Versuchstechnik 11
1. Anordnung und Reinigung 11
2. Bestimmungen von Korrekturgrößen 12
a) Tropfgeschwindigkeit 12
b) Einfluß der Temperatur 12
c) Skalenwert der Tropfen 13
d) Einfluß der Blutverdünnung 14
e) Einfluß durch längeres Stehen 14
f) Berechnung 15

III. Versuche am konservierten Blut 15

IV. Messungen am defibrinierten Blut der Ziegen und Schafe. 24
1. Oberflächenspannung und Alter 28
2. Oberflächenspannung und Geschlecht 29

V. Anhang 30
Einfluß der Temperatur auf Tropfenzahl und Oberflächenspannung des defibrinierten Blutes 30

VI. Zusammenfassung 32

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554006_0157

A.

I. Einleitung.

Das Blut ist auch dem Laien als sinnfällig lebenswichtiges, strömendes Organ bekannt und als Sinnbild des Lebens überhaupt. Auch in der Wissenschaft nimmt es einen besonderen Platz ein. Es ist daher wichtig, diesen „besonderen Saft" nach allen Richtungen hin zu erforschen, seine biologischen, physikalisch-chemischen Eigenschaften klarzustellen.

Unter den vielen Arbeiten über die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Blutes sind auch zahlreiche vertreten, die sich mit Oberflächenspannungsmessungen befassen. In der Veterinärmedizin wurden allerdings Oberflächenspannungsmessungen noch nicht so häufig ausgeführt wie in der Humanmedizin, wo man schon länger dazu übergegangen ist, Oberflächenspannungsmessungen zu diagnostischen Zwecken zu verwerten. Das Tierphysiologische Institut der Universität München hat sich daher die Aufgabe gestellt, zunächst einmal die Normalwerte für die einzelnen Haustierarten festzustellen, die dann unter Umständen später als Grundlage zu diagnostischen Verwertungen dienen können. Diesbezügliche Untersuchungen wurden am hiesigen Institut bis jetzt an Rinder- und Kälberblut ausgeführt. Auf Anregung von Herrn Professor Dr. Paechtner setzte ich die Reihe der Versuche mit stalagmometrischen Messungen am Blut von Zicklein und Lämmern fort. Wie in den Arbeiten von A. Hemmer (13) und E. Hölzle (15) sollte hierbei die Oberflächenspannung des Gesamtblutes an einer größeren Anzahl von Tieren stalagmometrisch gemessen werden. Schon A. Hemmer hatte bei den beiden von ihm fortlaufend untersuchten Saugkälbern vielfach unerwartet hohe Oberflächenspannungswerte gefunden, die zum Teil dem Wert für reines Wasser ziemlich nahe kamen. E. Hölzle begegnete unter einer weitaus größeren Zahl von Kälbern ebenfalls häufig großen Oberflächenspannungen. Es war deshalb von Interesse, zu prüfen, ob diese relative Armut an oberflächenaktiven Substanzen auf das Kälberblut beschränkt ist, oder ob sie auch bei anderen Haustierarten, vornehmlich bei anderen Wiederkäuern bzw. deren Jungen, angetroffen wird. Weiterhin sollten, wie erwähnt, durch Untersuchung einer größeren Anzahl von Tieren Unterlagen für die Aufstellung von Normalwerten für die Oberflächenspannung besonders bei jungen Ziegen und Schafen, ihre physiologische Schwankungsbreite und Abhängigkeit von äußeren und inneren Faktoren gewonnen werden.

Bevor ich auf meine Versuche und die dabei unerwartet eingetretenen methodischen Schwierigkeiten eingehe, möchte ich kurz diejenigen Angaben des Schrifttums behandeln, die für die Beurteilung meiner eigenen Untersuchungen einschlägig sind.

II. Literatur.

Oberflächenspannungsmessungen wurden schon mannigfach sowohl am Gesamtblut als auch am Serum bzw. Plasma ausgeführt. Allerdings sind die für unsere Haustiere vorliegenden Messungen verhältnismäßig spärlich, insbesondere was die systematische Erforschung physiologischer und pathologischer Einflüsse auf den Wert der Oberflächenspannung anbelangt. Messungen am Blut von Schafen und Ziegen habe ich in der Literatur noch nicht auffinden können. Es sollen daher im folgenden neben den an anderen Haustieren ausgeführten Untersuchungen auch einige Arbeiten der Humanmedizin kurz angeführt werden, soweit sie die Abhängigkeit der Oberflächenspannung von den wichtigsten physikalisch-chemischen und biologischen Faktoren behandeln.

Nach Luy (22), der die Oberflächenspannung mit der Ring-Methode maß, war im Durchschnitt die Oberflächenspannung des Serums von 9 gesunden Pferden 56,5 Dyn/cm, und von solchen Pferden, die an infektiöser Anämie erkrankt waren, 57,1 Dyn/cm. Hemmer fand am Heparinblut zweier Kühe während der letzten Monate der Trächtigkeit und des Puerperiums stalagmometrisch durchschnittlich 63,0 bzw. 63,8 Dyn/cm, für die beiden Kälber dieser Tiere 69,8 und 70,9 Dyn/cm. Auch Hölzle (15), der eine dynamische Oberflächenspannung von 68,29 Dyn/cm am Heparinblut von 100 Kälbern ermittelte, beobachtete ein Abfallen der Oberflächenspannung mit zunehmendem Alter. Der von Lecomte Du Noüy (26) mit dem Tensiometer erhaltene Durchschnittswert für Hundeserum beträgt 61,6 Dyn/cm und für Kaninchenserum 55,5 Dyn/cm. Tominagas Werte (31) für Kaninchenserum schwanken zwischen 56,2 und 58,5 Dyn/cm bei Zimmertemperatur. Für das Normalserum des Menschen haben Sauer (28) mit der Brinkmannschen Ring-Methode 57,48 Dyn/cm, Benhamon und Béguet (4), die die Torsionswaage von Du Noüy verwendeten, 53—57 Dyn/cm, und Du Noüy mit seiner Ring-Methode 55,5—55,6 Dyn/cm bei 25° als Durchschnittswert gemessen. Menschliches Oxalatplasma hat nach Brinkmann (7) Oberflächenspannungswerte von 55,4—57,2 Dyn/cm. Nach Gable und Simchowitz (12) weist Blutplasma eine höhere Oberflächenspannung auf als das Blutserum.

Cosmovici, Nicolas und Jitarin (10) kamen zu dem Ergebnis, daß beim Hund die Oberflächenspannung des Lymph-Plasmas, das weniger Fibrinogen enthält, niedriger als die des Blutplasmas wäre.

Du Noüy gab an, daß bei seinen Messungen die Oberflächenspannung des Serums nach 10 Minuten praktisch beständig war, während Tominaga (31) eine Abnahme der Oberflächenspannung des Kaninchenserums mit der Zeit feststellte.

Tominaga wies darauf hin, daß die Oberflächenspannung von Kaninchenserum mit 47,3 Dyn/cm bei 37° C um ungefähr 10 Dyn/cm niedriger war als bei Zimmertemperatur, und daß bei seinen Versuchen der stalagmometrische Wert des Serums etwa 10 Dyn/cm höher als der statische lag. Ciattis (9) Versuche ergaben, daß das Serum während der Kurzwellenbestrahlung eine Abnahme der Oberflächenspannung zeigte, was er auf die Steigerung der Körpertemperatur zurückführte.

Nach Jendrassik und Geldrich (17) bedingte eine Herabsetzung des pH-Wertes eine geringgradige Erhöhung der Oberflächenspannung, während im reinen, nicht hämolytischen Pferdeserum die Oberflächenspannung unabhängig von der Wasserstoffionenkonzentration war.

Während Adlersberg und Singer (1) dafür eintraten, daß die dynamische Oberflächenspannung des menschlichen Normalserums sich konstant hielte und eine Verschiebung derselben durch die **Mahlzeiten** und durch Injektion von oberflächenaktiven Stoffen sehr exakt reguliert würde, fand Beckmann (3), daß die statische Oberflächenspannung des Blutserums sowohl unter normalen als auch pathologischen Bedingungen eine konstante Größe sei. Dagegen lieferte die Ring-Methode Sauer (28) bei Gesunden und bei Kranken ohne tiefgreifende Veränderungen im Gesamtorganismus konstante Oberflächenspannungswerte der Seren. Schwahn (29) studierte unter Anwendung der Ring-Methode den Einfluß der Mahlzeiten auf die Oberflächenspannung des menschlichen Serums und fand eine Variationsbreite der Nüchternwerte zwischen 50,5 und 57,2 Dyn/cm. Benhamon und Béguet (4) ermittelten, daß nach Fleisch- und Milchgenuß die Oberflächenspannung für kurze Zeit rasch sinkt. Adlersberg und Singer (1) sahen indessen nach der Mahlzeit geringe Erhöhung. Beckmann stellte fest, daß bei Nahrungsenthaltung geringere Schwankungen der Oberflächenspannungswerte als bei Nahrungszufuhr bestehen.

Schwangerschaft senkt nach Eufinger (11) und Solowiew (30) die Oberflächenspannung des menschlichen Serums, das nach Geburt wieder normale Werte zeigt; Eufinger führte das auf eine veränderte Tätigkeit der Leber zurück, wodurch Eiweißspaltprodukte und besonders Gallenbestandteile auftreten.

Busch (4) untersuchte die Oberflächenspannung des Serums von mit Aphthenvirus infizierten Kaninchen und beobachtete am dritten Tag, an dem das Virus im Blut zu finden ist, einen Anstieg der Oberflächenspannung.

Kaunitz und Kent (20) machten die Erfahrung, daß bei Ikterus die Prognose ungünstiger zu stellen sei, wenn die Oberflächenspannung

des Serums eine für Gelbsüchtige festgesetzte Norm sehr unterschreitet. Ferner seien auch nicht ikterische Erkrankungen bei einer bedeutenden Herabsetzung der Oberflächenspannung prognostisch schlecht zu beurteilen. Nicholls (25) verzeichnete eine Abnahme der Oberflächenspannung bei Hyperbilirubinämie, Urämie, Nephrose und Nephritis und Hyperthyreoidismus. Sauer (28) konnte die schon verschiedentlich beobachtete Erniedrigung der Oberflächenspannung bei Carcinomen bestätigen. Bei Tuberkulose erhöht sich nach ihm die Oberflächenspannung mit Verschlechterung des Leidens. Künzel (35) erkannte, daß bei Lues des zentralen Nervensystems die dynamische und statische Oberflächenspannung des Liquor cerebrospinalis herabgesetzt ist.

Nach Du Noüy sinkt zunächst bei Zugabe von oberflächenaktiven Stoffen die Oberflächenspannung des Serums etwas, um sich dann mit der Zeit wieder zu erhöhen. Die zugegebenen Stoffe sollen vom Eiweiß adsorbiert werden. Nach Mario Coppo ist bei Ikterus diese Fähigkeit des Serums verringert.

Kapaczewski (19) entdeckte, daß viele Stoffe, die zur Bekämpfung anaphylaktischer Zustände dienen, die Oberflächenspannung erniedrigen.

Clerc und Sterne nahmen nach intravenöser Injektion 1%iger Lösungen von Amyl-, Propyl-Alkohol, gallensauren Salzen und Na-Oleat gleichzeitig eine Blutdrucksenkung und eine Erniedrigung der Oberflächenspannung wahr.

B.

Eigene Untersuchungen.

I. Untersuchungsmaterial und Blutentnahme.

Das untersuchte Blut stammte von Tieren, die in den Schlachthöfen Ludwigshafen (Rh.) und München geschlachtet wurden. Hauptsächlich standen mir Zicklein, Ziegen und Schafe aller Altersstufen zur Verfügung. Den ersten kleineren Teil dieser Arbeit führte ich während meiner Praktikantenzeit im Schlachthof Ludwigshafen aus, wozu mir Herr Direktor Dr. Schroedel die freundliche Erlaubnis gab. Den Hauptteil der Untersuchungen nahm ich im Tierphysiologischen Institut der Universität München vor, wobei mir das im Städt. Schlachthof München anfallende Schlachtblut von Ziegen- und Schaflämmern sowie Kälbern als Versuchsmaterial diente.

Ich untersuchte Zitrat-, Oxalat-, Heparinblut und insbesondere defibriniertes Blut. Das bei der üblichen Schlachtung der Vena jugularis (Halsstich bzw. -schnitt) entströmende Blut fing ich direkt in 50 ccm Meßzylindern auf, nachdem der erste, durch Gewebssaft verunreinigte

Strahl abgeflossen war. Das Auffanggefäß hatte ich vorher mit 5 ccm Lösung des Konservierungsmittels beschickt. Nach der Blutentnahme wurde sofort gut gemischt. Defibriniertes Blut gewann ich durch die Benutzung von Präparatengläsern, die Glasperlen enthielten. Ich fing das Blut darin auf, und viertelstündiges Schütteln genügte, um das Fibrin vollständig abzusondern. Vor der Messung wurde durch ein sauberes Leinentuch koliert.

II. Versuchstechnik.

1. Anordnung und Reinigung.

Alle Blutproben wurden bis zur Messung in einem Wasserbad von Zimmertemperatur (18° C) aufbewahrt. Die stalagmometrische Bestimmung der Oberflächenspannung erfordert die Kenntnis der Dichte des untersuchten Blutes. Ich konnte das spez. Gewicht bei Zimmertemperatur mit hinreichender Genauigkeit in jedem einzelnen Fall aräometrisch ermitteln. Eine Umrechnung der gefundenen Werte auf Normaltemperatur erübrigte sich, ebenso konnte ich die Blutverdünnung, die durch die gerinnungshemmenden Zusätze entstanden war, unberücksichtigt lassen; die Gründe hierfür werde ich später erläutern. Das Aräometer wurde mehrmals mit den genauen Angaben einer Mohr-Westphalschen Senkwaage verglichen.

Zur Bestimmung der Tropfenzahl stand mir ein Traubesches Stalagmometer zur Verfügung, und zwar war es das gleiche Instrument, mit dem schon A. Hemmer und E. Hölzle ihre Messungen durchgeführt hatten. Zur Füllung mit Blut oder Spülflüssigkeit schloß ich es unter Zwischenschaltung einer Sicherheitsflasche an eine Wasserstrahlpumpe an und saugte die betreffende Flüssigkeit jeweils unter leichtem Unterdruck bis zu der gewünschten Höhe an, bzw. ließ sie, wenn gespült werden sollte, durch das Instrument hindurch in die Sicherheitsflasche saugen.

Die Brauchbarkeit stalagmometrischer Messungen kann bekanntlich durch oberflächenaktive Verunreinigungen (z. B. Fette, Lipoide) des Instruments und besonders seiner Abtropffläche sehr gemindert werden. Ich reinigte das Stalagmometer daher nach jeder Doppelbestimmung, ähnlich wie Hölzle, folgendermaßen:

1. Durchsaugen von dest. Wasser, bis kein Blutfarbstoff mehr sichtbar ist.
2. Langsames Durchsaugen von Na-Bichromatschwefelsäure-Gemisch.
3. Nachspülen mit aqua dest. bis zur völligen Entfernung des Bichromats und sodann mit physiologischer Kochsalzlösung.

4. Zweimaliges Spülen mit einer Teilprobe des zu untersuchenden Blutes.

War anschließend die zu messende Blutprobe bis über die obere Marke des Instruments hochgesaugt, so nahm ich die Schlauchverbindung zur Wasserstrahlpumpe ab und ließ das Blut während der Messung spontan abtropfen. Zwischen Parallelbestimmungen an derselben Blutprobe, deren ich am defibrinierten Blut stets 2, an den mit gerinnungshemmenden Zusätzen versehenen Proben meist 3 und mehr ausführte, konnte die Reinigung unterbleiben. Während der Mittagspause und ebenso über Nacht wurde das Stalagmometer mit Bichromatschwefelsäure gefüllt. Behandlung mit 1½%iger Natronlauge brachte keinen erkennbaren Vorteil. Bei allen Bestimmungen wurde die Achse des Instrumentes möglichst genau senkrecht gestellt, sodaß die Abtropffläche horizontal lag, ebenso wurden Erschütterungen ferngehalten.

2. Bestimmung von Korrekturgrößen.

Außer den genannten Maßnahmen ist für die Gewinnung zuverlässiger Werte noch die Kenntnis und Berücksichtigung folgender Faktoren unerläßlich: Der Einfluß der Abtropfgeschwindigkeit, der Meßtemperatur und der Skalenwert eines einzelnen Tropfens (Reduktion des abgetropften Volumens auf das Eichvolumen).

a) Tropfgeschwindigkeit.

Die Spontantropfgeschwindigkeit des Blutes ist entsprechend seiner höheren Viskosität erheblich geringer als die des Wassers, das als Vergleichsflüssigkeit diente. Während das Eichvolumen unseres Stalagmometers bei Füllung mit Wasser in 2 Min. 40 Sek. abtropfte, benötigte das gleiche Volumen Blut im allgemeinen eine Tropfzeit von 7—9 Minuten. Es mußte daher der Wasserwert für diese Tropfgeschwindigkeit ermittelt und der Berechnung der Oberflächenspannung zugrunde gelegt werden. Ich setzte deswegen ein Schlauchstück an, das mit einer Schlauchklemme entsprechend gedrosselt war, und minderte so die Tropfgeschwindigkeit des Wassers. Das Ergebnis dieser Bestimmungen ist in Tab. 1 verzeichnet und in Abb. 1 graphisch dargestellt. Es zeigte sich, daß der Wasserwert des Instrumentes, der bei Spontantropfgeschwindigkeit 51,61 Tropfen in 2 Min. 40 Sek. beträgt, mit abnehmender Geschwindigkeit zunächst schneller auf 52,5 (6 Min.), in dem für Messungen an Blut in Betracht kommenden Bereich merklich langsamer bis auf 53,00 Tropfen bei 12 Min. ansteigt. Ich legte meinen Berechnungen als Wasserwert den Mittelwert 52,78 zugrunde.

b) Einfluß der Temperatur.

In der Gebrauchsanweisung des von mir benutzten Stalagmometers ist für den Wasserwert des Instrumentes ein Temperaturkoeffizient von 0,15 Tropfen pro Grad Celsius angegeben. Es war festzustellen, ob

Tabelle 1.

Bestimmungen des Wasserwertes bei verschiedenen Abtropfgeschwindigkeiten.

Datum	Temperatur	Gesamtausflußzeit	Tropfenzahl gemessen	Tropfenzahl reduziert auf 18°
27. 2. 39	20,5	spontan	51,81	51,54
„	„	„	51,88	51,61
„	„	„	51,81	51,54
„	„	„	51,96	51,69
„	„	„	51,86	51,59
13. 2.	18,5	„	51,81	51,74
„	„	„	51,92	51,85
15. 4.	18,8	„	51,86	51,74
27. 2.	19,0	9 min. 30 sek.	53,00	52,85
„	„	5 „ — „	52,34	52,29
15. 4.	18,6	6 „ 10 „	52,92	52,80
„	„	7 „ 10 „	52,72	52,60
25. 4.	16,0	6 „ 30 „	52,57	52,87
„	15,8	6 „ — „	52,46	52,79
20. 5.	17,3	2 „ 43 „	51,62	51,72
„	„	4 „ 48 „	52,30	52,40
„	„	4 „ 50 „	52,23	52,33
„	„	5 „ 21 „	52,38	52,48
„	„	5 „ 35 „	52,48	52,58
„	„	6 „ 22 „	52,52	52,62
„	„	7 „ 50 „	52,69	52,79
„	„	8 „ 24 „	52,71	52,81
„	„	10 „ 59 „	52,90	53,00
„	„	12 „ 14 „	53,00	53,10

dieser Temperaturkoeffizient auch für Blut gültig ist. Die hierüber an zwei Blutproben angestellten Versuche, in denen ich die Tropfenzahlen bei 14, 17, 18 und 23 Grad bestimmte, ergaben tatsächlich Werte von 0,15, 0,16 und 0,17 Tropfen pro Grad Celsius, sodaß sich der Temperaturkoeffizient des Blutes mit dem des Wassers in der Nähe der Zimmertemperatur praktisch deckt. Soweit also bei meinen Versuchen die Temperatur, die stets vor und nach der Messung abgelesen wurde, von 18° verschieden war, konnte ich die Ergebnisse mit dem Koeffizienten 0,15 auf diese Vergleichstemperatur reduzieren. Es sei jedoch vorweggenommen, daß der genannte Temperaturkoeffizient nur für Temperaturen nahe bei 18° Gültigkeit hat. Auf die Bestimmungen bei Körpertemperatur werde ich später zurückkommen.

c) Skalenwert der Tropfen.

Zur Reduktion des in ganzen Tropfen abgetropften Volumens auf das Eichvolumen des Stalagmometers bestimmte ich in bekannter Weise das Volumen eines Tropfens in Teilen der Hilfsskala des Stalagmometers. Für Blut mit einer Tropfzahl > 60 entsprachen 24 Skalenteile

Tabelle 2.

a) Verhalten der O'sp. bei Zusatz von Heparin-NCl-Lösung zu defibriniertem Blut

Datum	Tier	Geschl.	Alter	Dichte	a) Defibrin. Blut Tropfz.	Mittel (Tr.)	Oberf Spannu
24. 4.	Ziege Nr. 64	zw.	3/4 J.	1046	60,96 60,92	60,94	67,04
26. 4.	Ziege Nr. 72a	w.	1 J.	1040	59,60 59,33	59,47	68,30
26. 4.	Ziege Nr. 73	w.	4 J.	1046	59,79 59,81	59,80	68,32
5. 5.	Schaf Nr. 100a	m.	5 Mon.	1045,5	60,40 60,40	60,40	67,66

b) Zusatz von 1 Vol. phys. Kochsalzlösung zu 9 Vol. defibrinierten Blutes.

Nr.	Datum	Tier	Dichte	Tropfzahl	Oberflächenspannung	
101	5. 4.	Schaf, 4 Mon. w.	1045	59,56	68,49	
		„	10,41,1	59,14	68,78	+ NaCl
Differenz:				— 0,42	+ 0,29	
129	2. 6.	Kalb, 4 W. m.	1037	60,07		
		„	1033	59,51		+ NaCl
Differenz:				0,56	0,37 Dyn/cm	

einem Tropfen, für Tropfen < 60 etwa 25 Skalenteile. Ein Wassertropfen entsprach 26 Skalenteilen.

d) Einfluß der Blutverdünnung.

Da ich die gerinnungshemmenden Mittel stets in wässeriger Lösung (Heparin in 0,9%iger Kochsalzlösung) zusetzte — um eine möglichst schnelle, gleichmäßige Verteilung im Blut zu erzielen —, war eine entsprechende Verdünnung der Blutproben unvermeidlich.

Der Zusatz von Heparinstammlösung zum Blut wirkt in der meist angewandten Konzentration oberflächenspannungserhöhend um 0,60 Dyn/cm, wobei auf den Anteil der physiologischen Kochsalzlösung mehr als die Hälfte entfällt (siehe Tabelle 2).

e) Einfluß längeren Stehens.

An mehreren Versuchen konnte ich keine wesentliche Veränderung der Oberflächenspannung bei bis zu 8stündigem Stehen bemerken. Die Aenderungen lagen noch an der Fehlergrenze oder etwas darüber. Blut, das nach nicht allzu langem Stehen auf 24 Std. in den Eisschrank

b) Heparinblut 1 : 100 verd.

opfzahl	Mittelwert	Oberfl.-spannung	Diff. der Oberfl.-Sp.	Konzentration Heparin i. 0,9% NaCl	+ Blut
60,42	60,31	67,48	0,44	4 mg	5 + 44,4
60,33					
60,15					
58,79	58,73	68,90	0,60	8 mg	5 + 50
58,67					
59,00	58,96	69,03	0,71	8 mg	5 + 40
58,92					
59,62	59,59	68,26	0,66	2 mg	5 + 50
59,56					

im Durchschnitt: 0,60 Dyn/cm

gebracht wurde, zeigte auch keine auffallende Veränderung der Oberflächenspannung. Nur war es notwendig, bei den vergleichenden Versuchen immer die gleiche Temperatur einzuhalten.

f) Berechnung.

Die Oberflächenspannung läßt sich in üblicher Weise aus der von Traube angegebenen Formel berechnen:

$$\gamma = 74 \cdot \frac{s \cdot Zw}{Z} \text{ Dyn/cm}$$

wobei 74 die Oberflächenspannung des Wassers*), s das spezifische Gewicht des Blutes, Zw den Wasserwert und Z die gemessene Tropfenzahl des Blutes bedeuten.

III. Versuche am konservierten Blut.

Wie in den von A. Hemmer und E. Hölzle an Kälberblut vorgenommenen Bestimmungen beabsichtigte ich, meine Messungen gleichfalls am Gesamtblut, dessen Gerinnung durch einen der üblichen Zusätze ausgeschaltet war, durchzuführen. An Stelle des verhältnismäßig kostspieligen Heparins wählte ich zunächst Natriumzitrat als Konservierungsmittel. Es zeigte sich jedoch schon nach wenigen Versuchen,

*) Der Wert für die Oberflächenspannung des Wassers wird in der neueren Literatur mit 73 dyn/cm angegeben. Zum Vergleich mit den anderen Arbeiten, die am hiesigen Institut über O'sp. gemacht wurden, wurde der in denselben verwandte Wert von 74 dyn. beibehalten.

daß sowohl hiermit als auch mit allen übrigen, in der Folge versuchten Antikoagulantien brauchbare Resultate nicht zu erhalten waren. Während z. B. Hölzle die durchschnittliche Schwankungsbreite seiner Parallelbestimmung an Kälberheparinblut mit 0,17 bis 0,22 Tropfen angeben konnte, erhielt ich bei im wesentlichen gleicher Arbeitsweise am Blut von Schaf- und Ziegenlämmern ganz unerwartet große Differenzen bis zu 5 und 6 Tropfen, d. h. rund 10 % der Gesamttropfenzahl (siehe Versuch Nr. 67). Als Belege mögen die in den Tabellen 4—7 aufgeführten Versuchsprotokolle dienen. Aus ihnen geht hervor, daß weder ein konzentrierterer Zusatz der gerinnungshemmenden Mittel (Zitrat Nr. 124 u. 86, Oxalat Nr. 27 u. 52, Heparin Nr. 110 u. 75 u. a. m.), mehrmaliges Kolieren, auch durch zwei- und dreifaches Leinen (Nr. 124, 130, 99), noch die Abkürzung der zwischen Blutentnahme und Messung verstrichenen Zeit (Nr. 71 u. 69), die Unterschiede zwischen den Parallelbestimmungen in irgend einer Weise besserte. Dabei traten die Abweichungen nach oben und nach unten ganz unregelmäßig auf, d. h., bald differierte der erste Wert beträchtlich von den weiteren Bestimmungen, bald stimmten die ersten 2—3 Versuche befriedigend überein, und ein darauf folgender Versuch ergab wieder eine völlig abweichende Tropfenzahl (z. B. Nr. 63 u. 83). Auch die Kombination verschiedener Zusätze, wie z. B. Heparin und Oxalat (Tabelle 8) führte nicht zum Ziel. Es sei vorweggenommen, daß Zählfehler oder überhaupt methodische Fehler durch die guten Ergebnisse, die ich wie meine Vorgänger am Kälber-Heparinblut und besonders am defibrinierten Lämmer- und Ziegenblut erhalten konnte, völlig ausgeschlossen sind.

Die mittlere absolute Differenz der Parallelbestimmungen ist in Abb. 2 graphisch dargestellt. Sie war mit 5,28 Tropfen beim Oxalatblut weitaus am größten. Zitrat- und Heparinblut zeigten im Durchschnitt (2,28, 2,25 bzw. 1,74 Tropfen) ungefähr die gleiche Schwankungsbreite.

In der Mehrzahl der Versuche kündigte sich die Unregelmäßigkeit der Ergebnisse schon äußerlich durch offensichtliche Störungen der Tropfenbildung an. Einige typische Beispiele hiervon sind, einem mit Herrn Dr. Gürsching gemeinsam aufgenommenen Film entnommen, in den Abb. 4 u. 5 stark vergrößert wiedergegeben: Häufig bleibt ein Teil eines abfallenden Tropfens mit dem nächsten an der Abtropffläche austretenden Tropfen in Verbindung. Es bildet sich dann ein feiner Faden, an dessen unterem Ende der zurückgebliebene Teil des ersten Tropfens als Sekundärtropfen hängt. Dieser Faden kann eine Länge von 1—2 cm und mehr erreichen; gelegentlich hängen an ihm auch 2 Sekundärtropfen. Häufig fällt auch der Haupttropfen nicht glatt, sondern unter Bildung eines dicken, kometenschweifartigen Flüssigkeitsschwanzes ab; endlich bildet sich oft eine seitliche Unsymmetrie der noch hängenden oder eben abfallenden Tropfen aus. Nicht selten be-

obachtet man beim Abtropfen auch ein seitliches Herausspritzen relativ kleiner Flüssigkeitsteilchen aus der Tropfenoberfläche. Es liegt nahe, die Gesamtheit dieser Erscheinungen als Folge einer mangelhaften Gerinnungshemmung zu deuten und insbesondere die gebildeten Flüssigkeitsfäden als Fibrinfäden anzusehen. Für diese Auffassung spricht die verhältnismäßig große Gerinnungsneigung des Ziegen- und Lämmerblutes und das Ausbleiben der beschriebenen Phänomene beim defibrinierten Blut. Andererseits ist eine wirkliche Gerinnung der Blutprobe nur in einzelnen Fällen eingetreten. Das Kolieren war ohne Einfluß auf die Bildung abnormer Tropfen.

Es hat den Anschein, daß die Gerinnung des Fibrinogens durch hemmende Zusätze nicht vollkommen ausgeschaltet wurde, und daß sich vielleicht als Vorstufe des Fibrins ein fadenziehendes Gel bildete. Es ist möglich, daß dieser Vorgang durch die Anwesenheit besonderer, im einzelnen noch nicht bekannter Stoffe im Blut von Schaf und Ziege unterstützt wird. Ein auffallend hoher Gehalt an Blutplättchen, der mit der großen Gerinnungsneigung dieser Blutarten in Zusammenhang gebracht werden könnte, ist nach den Angaben von Wirth (34) (500 000 Th.) und Klieneberger-Carl (21) (20—90 000 Th.) bisher nicht festgestellt worden. Im übrigen sei noch darauf hingewiesen, daß die beschriebenen Erscheinungen in gleicher Weise auch bei den untersuchten erwachsenen Schafen und Ziegen zu beobachten waren.

Die mit Zusatz von Konservierungsmitteln gemessenen Blutproben zeigten folgende Mittelwerte:

Tabelle 3.

	Lämmer	Zicklein	Kälber
Citrat		65,8	Dyn/cm
Oxalat	64,2	66,5	
Heparin (Vetren)	64,0	64,1	72,36

Tabelle 4.

Versuche mit Citratblut. T = 18°

Nr.	Datum	Zeit d. Blut-entn.	Zeit des Vers.	Tierart	Geschl.	Alter in Wochen	Dichte	Tropfenzahl
1.	10. 3. 39	7.15	8.30	Zickl.	—	1—2 W.	1042	60,2 61,5 60,9
2.	10. 3. 39	7.15	11.45	Zickl.	—	1—2 W.	1038	62,6 61,0
5.	17. 3. 39	7.20	10.45	w. Zickl.	—	2—3 W.	1047	65,2
85.	3. 5. 39	8.00	10.00	br. Zickl.	m.	6 W.	1046	64,6 66,6 66,0
86.	3. 5. 39	8.00	16.00	br. Zickl.	w.	5—6 W.	1048	60,5 66,0
121.	16. 5. 39	7.30	10.30	br. Zickl.	w.	6 W.	1045,5	59,1 59,6 59,4
124.	17. 5. 39	6.30	8.30	br. Zickl.	m.	3—4 W.	1043	65,6 61,8 63,4
129.	2. 6. 39	8.30		w. Zickl.	—	4 W.	1040	66,2 65,1

Tabelle 5. Versuche mit Oxalat-Blut. Bei 18° C.

Nr.	Datum	Zeit d. Blut-entn.	Zeit des Vers.	Tierart	Geschl.	Alter in Wochen	Dichte	Tropfenzahl
26.	5. 4. 39	8.30	11.30	Zickl.	m.	4 W.	1039	a) 62,1 b) 60,7 c) 59,9
27.	5. 4. 39	8.30	12.00	Zickl.	m.	4 W.	1042	a) 64,9 b) 60,1 c) 58,9
34.	14. 4. 39	7.30	16.00	w. Lamm	m.	26 W.	1041	a) 67,3 b) 61,7 c) 62,2
52.	18. 4. 39			Ziege	w.	4 J.	1042	a) 69,8 b) 63,7
130.	6. 6. 39	8.00	10.00	schw. Schaf	w.	9 Mon.	1040	a) 63,1 b) 61,4 c) 62,0
131.	7. 6. 39	7.30	14.15	Merino	m.	3 Mon.	1042	a) 64,5 b) 64,0 c) 63,0
135.	9. 6. 39	7.30	10.00	Zickl.	w.	4 W.	1041	a) 65,6 b) 58,7

Mittelwert d. Tropfen	Schwankung u. d. Mittelw. i. Tropfen	Oberfl.-Spannung Dyn/cm	Bemerkungen	Konzentration der Citratstammlösung in % 5 = ccm Citratzus. 45 = ccm Blut	
60,94	+ 0,62	66,78	keine sichtb. Faden-	5 %	5 + 45
	— 0,68		einf. filtriert		
	+ 0,05		bildung		
61,86	+ 0,81	65,54			
	— 0,82				
—	—		Fäden! Häng. Tropfen	10 %	5 + 45
65,79	+ 0,90	62,10	Tropfen		
	— 1,18		Fadenbildg. Häng.	5 %	5 + 45
	+ 0,28				
63,31	— 2,73	64,65	häng. Tropfen		
	+ 2,73				
	— 0,30		dreifach filtriert		
59,41	+ 0,28	68,73	a) keine sichtb. Fäden		
	+ 0,02		b) leichte Fädchenbild.	4 %	5 + 45
	+ 2,03		dreifach filtriert		
63,65	— 1,80	64,00	sichtb. Fäden		
	— 0,22		hängende Tropfen		
65,70	+ 0,55	61,82	einfach filtriert	4 %	5 + 45
	— 0,54				

Mittelwerte d. Tropfen	Schwankg. um den Mittelw.	Oberfl.-Spannung Dyn/cm	Bemerkungen	
	+ 1,24		bei a) hängende Tropfen	
60,93	— 0,22	66,60	bei b) u. c) weniger	
	— 1,01		deutl. Fadenbildung	Von 2 % Oxalatlösung
	+ 3,59		a) 2 hängende Tropfen	5 ccm ad 50 ccm Blut.
61,33	— 1,20	66,36	b) keine häng. Tropfen	
	— 2,38		keine sichtb. Fäden, aber	Von 5 % Oxalatlösung
	+ 3,59		kein schönes Abtropfen	5 ccm ad 50 ccm Blut.
63,79	— 2,08	63,74		
	— 1,50		a) Fäden v. Tropfen bis	5 % Oxalatlösung
	+ 3,04		zum Behälter m. Blut,	5 ccm ad 70 ccm Blut.
66,79	— 3,04	60,93	b) keine derart. Fäden	
	+ 1,11		c) Fädchenbildung	
62,31	— 0,89	65,19	keine sichtb. Fädenbild.	2% K-Oxalat
	— 0,23		unschönes Abtropfen	4,5 + 40,5 Blut
	+ 0,67		Abtropfen m. Flüssig-	2% K-Oxalat
63,83	+ 0,11	63,76	keitsschwänzen,	5,5 + 50 Blut
	— 0,83		nur 1 Faden	
62,19	+ 3,43	65,38	„ 1 „	2% K-Oxalat
	— 3,43			1 T. + 9 T. Blut

. 26, 27, 34, 52, 131 sind einfach filtriert. Nr. 130 und 135 sind 2fach filtriert.

Tabelle 6.

Versuche mit Vetren und Heparin bei Ziegen.

Nr.	Datum	Zeit der Entn.	Zeit des Vers.	Tier	Geschl.	Alter i. W.	Dichte	Tropfenzahl a)	b)	c)
10.	21. 3.	13.20	16.00	w. Zickl.	—	3—4 W.	1040	64,25	64,29	
11.	21. 3.	13.20	16.30	„	—	3—4 W.	1041	64,46	65,04	
12.	21. 3.	13.20	17.00	„	—	3—4 W.	10395	geronnen		
16.	27. 3.	14.00	16.00	„	w.	3 W.	1048	61,75		
17.	29. 3.	14.20	16.00	w. Ziege	w.	6—8 Mon.	1046	65,96		
18.	29. 3.	14.20	16.30	„	w.	9 Mon.	1052	65,13		
53.	21. 4.	7.15	10.25	br. Zickl.	w.	3 W.	1036	64,42	64,36	
54.	21. 4.	7.15	11.15	„	m.	3 W.	1032	61,29	61,40	
63.	24. 4.	8.00	10.30	br. Ziege	w.	6 Mon.	1048	65,21	62,20	62,9
65.	25. 4.	8.30	11.10	br. Zickl.	w.	2 W.	10335	63,42	65,00	
								65,38	62,58	60,6
66.	25. 4.	7.30	11.30	bunt. Zickl.	w.	4 W.	1033	63,96	62,85	
67.	25. 4.	7.30	15.30	„	w.	4 W.	1037	62,58	57,83	56,5
68.	25. 4.	7.30	17.30	„	w.	4 W.	1037	60,00	55,40	
69.	25. 4.	7.30	18.30	„	w.	4 W.	1040	59,88	60,50	
71.	26. 4.	8.30	10.45	„	w.	4 W.	—	65,75	56,08	60,2
74.	27. 4.	7.30	10.00	„	m.	4 W.	1037	61,94	62,35	62,0
75.	27. 4.	7.30	11.00	„	m.	4 W.	1040	61,54	57,58	58,2
76.	27. 4.	7.30	11.30	„	w.	4 W.	1040	59,79	60,96	59,0
77.	27. 4.	7.30	17.00	„	m.	4 W.	1036	59,75	59,75	
78.	27. 4.	7.30	17.45	„	w.	4 W.	1038	62,17	62,06	63,8
82.	27. 4.	8.00	17.00	„	m.	6—8 W.	1037	57,06	57,96	59,9
83.	28. 4.	8.00	17.00	„	w.	4 W.	1038	60,25	58,04	63,4
91.	4. 5.	9.30	12.30	„	m.	4 W.	1043	58,47	59,64	58,0
92.	4. 5.	9.30	13.30	„	m.	4 W.	1041	61,43	62,14	
93.	4. 5.	9.30	14.00	„	m.	4 W.	—	63,89	64,91	
99.	5. 5.	7.00	15.00	„	m.	4 W.	1035	60,25	59,48	61,2
102.	9. 5.	7.30	10.00	br. Ziege	w.	2 J.	1052	64,94	64,42	
109.	11. 5.	9.30	11.00	br. Zickl.	m.	6 W.	1039	60,30	61,50	
110.	11. 5.	9.30	12.00	„	m.	4 W.	1037	56,32	59,62	60,8
122.	16. 5.	7.30	11.45	bunt. Zickl.	w.	4 W.	1038	62,10	63,63	

Nr. 91, 92, 99 2fach filtriert; Nr. 102, 109, 110, 122 3fach filtriert.

Mittel-wert	Größte Schwankg.-breite	Oberfl.-spannng. Dyn/cm	Konzentration: Heparin in 0,9 % NaCl + Blut		
64,27	0,04	63,20	2 mg	5 + 45 ccm	)
64,75	0,42	62,79	2 mg	5 + 45 ccm	)
					) Vetren in Ludwigshafen
		66,29	2 mg		)
		61,94	2 mg		)
		63,09	2 mg		)
64,39	0,06	63,84	4 mg	5 + 45 ccm	) Vetren in München
61,34	0,11	65,92	4 mg	5 + 45 ccm	)
63,44	3,01	64,52			) Vetren
64,21	1,58	62,87	4 mg	5 + 55 ccm	) Heparin
63,15	4,58	64,82	4 mg	5 + 65 ccm	)
63,40	1,11	63,64	4 mg	5 + 60 ccm	)
58,98	6,04	68,67	4 mg	5 + 55 ccm	)
57,70	4,60	70,19	4 mg	5 + 50 ccm	)
60,19	0,62	67,23	4 mg	5 + 50 ccm	)
	9,67	—	4 mg	5 + 50 ccm	)
62,10	0,41	65,22	8 mg	5 + 45 ccm	)
59,12	3,96	67,80	12 mg	5 + 45 ccm	)
59,14	1,17	67,77	8 mg	5 + 45 ccm	)
59,75	0,00	67,73	8 mg	5 + 45 ccm	)
62,69	1,69	64,67	12 mg	5 + 45 ccm	) Heparin
58,33	2,90	69,45	4 mg	5 + 45 ccm	)
61,08	5,38	66,37			)
58,72	1,58	69,37	2 mg	5 + 45 ccm	)
61,78	0,71	65,81	2 mg	5 + 55 ccm	)
64,40	1,02	—	2 mg	5 + 45 ccm	)
60,32	1,76	67,02	2 mg	5 + 50 ccm	)
64,68	0,52	63,53	2 mg	5 + 55 ccm	)
60,90	1,20	66,64	2 mg	5 + 45 ccm	)
58,91	4,48	68,75	2 mg	5 + 45 ccm	)
62,86	1,53	64,50	2 mg	5 + 45 ccm	)

Tabelle 7.
Versuche mit Vetren und Heparin bei Schafen.

Nr.	Datum	Zeit der Entn.	Zeit des Vers.	Tier	Geschl.	Alter	Dichte	Tropfenzahl a)	b)	c)
55.	21. 4.	7.00	11.30	w. Schaf	w.	3 Mon.	1042	66,49		67,1
56.	21. 4.	7.00	12.00	„	m.	6—9 Mon.	1045	65,88	66,13	
57.	21. 4.	7.00	16.00	„	w.	3 Mon.	1046	66,15	65,00	
95.	5. 5.	7.15	9.00	„	w.	1½—2 Mon.	1041	60,48	64,86	65,9
96.	5. 5.	7.20	11.30	„	w.	2 Mon.	1044	61,73	59,67	61,9
97.	5. 5.	7.20	13.15	„	w.	1½—2 Mon.	1042	65,00	62,40	65,4
98.	5. 5.	7.20	14.00	schw.w. L.	m.	2—3 Mon.	1045	62,88	62,52	63,1
100a.	9. 5.	7.00	15.00	w. Schaf	m.	2 J.	1045	65,24	64,86	—
127b.	1. 6.	9.30	14.30	„	w.	2 Mon.	1041	61,96		63,9
128.	1. 6.	9.30		„	w.	7 Mon.	1048	62,42		61,5

Tabelle 8. Kombinierte Methode.

90.	6. 5.	9.15	11.30	Zickl.	w.	2 Mon.	1040	61.65	57.67	60,7
94.	6. 5.	9.15	15.15	„	m.	4 W.	1038	57,25	56,32	
105.	10. 5.	7.30	9.00	Schaf	w.	2½ J.	1051	67,42	61,42	64,5

Ich habe bei den Kontrollversuchen am Heparin-Kälberblut (Tab. 9) die gleichen Heparinzusätze gewählt, die beim Zicklein- und Lammblut zugegeben wurden. Durchschnittlich bezifferte sich bei sieben Heparinblutproben die größte Differenz zweier Parallelbestimmungen auf 0,36 Tropfen. Das Abtropfen erfolgte regelmäßig wie beim Abtropfen des defibrinierten Blutes (s. S. 16). Fadenbildung konnte ich dabei nicht wahrnehmen. Bei den Kälbern beträgt die durchschnittliche

Tabelle 9. Versuche mit Kälberblut.

Nr.	Datum	Zeit d. Entn.	Zeit d. Vers.	Rasse	Geschl.	Alter in W.	Tropfenzahl		Heparin Mittelwert
80.	24. 4.	8.00	10.30	Allgäuer	m.	5	56.64 56,48	56,39	56,50
81.	24. 4.	8.00	16.00	einfarbg. rot	m.	4	56.58 56,96	56,79	56,78
87.	3. 5.	14.30	17.00	Höhenfl. gelb	m.	5	55,50	55,35	55,42
126.	1. 6.	9.15	11.00	Allgäuer	m.	4	55,20	55,08	55,14
128.	2. 6.	12.00	16.00	Höhenfl.	m.	4	56,76	57,46	57,11
129.	2. 6.	12.30	17.30	„	m.	4	55,11	55,39	55,25
134.	9. 6.			Allgäuer	w.	5			
133.	9. 6.			Höhenfl.	w.	4	55,80	56,47	56,13

ittel- vert	Schwankg.- breite	Oberfl.- spannung	Heparin	Zusatz v. 0,9% NaCl (5 ccm) + Blut	
6,80	0,62	61,21	4 mg	5 + 45 ccm	einfach filtriert
6,50	1,25	61,38	4 mg	5 + 45 ccm	„ „
5,57	1,15	62,30	4 mg	5 + 45 ccm	„ „
3,46	5,48	63,70	2 mg	5 + 45 ccm	doppelt filtriert
1,12	2,29	66,71	2 mg	5 + 45 ccm	„ „
2,28	3,04	65,35	2 mg	5 + 50 ccm	„ „
2,86	0,66	64,93	2 mg	5 + 65 ccm	„ „
5,04	0,38	62,74	2 mg	5 + 45 ccm	dreifach filtriert
2,82	1,74	64,72	2 mg	5 + 45 ccm	„ „
2,00	0,84	66,02	2 mg	5 + 45 ccm	einfach filtriert

0,04	3,98	67,65)	2 mg Hep. (in 2,5 ccm 0,9% NaCl) + 2,5 ccm 5% —
6,78	0,93	71,40)	Oxalatlösung + 50 ccm Blut
4,45	6,00	63,69)	1,6 mg Hep. (in 4 ccm 0,9% NaCl) + 2 ccm 5% —
		)	K-Oxalatlösung + 64 ccm Blut

90, 94 doppelt filtriert; Nr. 105 einfach filtriert.

Oberflächenspannung 72,36 Dyn/cm, wovon 0,60 Dyn/cm nach Tab. 2 abzuziehen waren, sodaß die Obertlachenspannungs-Zahl 71,72 Dyn cm betragen würde. Da ich gleichzeitig auch die Oberflächenspannung des defibrinierten Kälberblutes bestimmte, konnte ich feststellen, daß im Gegensatz zu Schaf- und Ziegenlämmerblut beim Kalb die Oberflächenspannung des defibrinierten Blutes mit 68,45 Dyn cm um etwa 3 Dyn/cm niedriger ist als die des Heparinblutes.

ıt hte	O'sp.	Schwk.- breite	Heparin	Zus. v. 0,9 % NaCl	Defibriniertes Blut Tropfenzahl		Mittel- wert	Dichte	O'sp.
43	72,10	0,25	8 mg	5 + 45	—	—	—	—	—
48	72,09	0,38	4 mg	5 + 45	—	—	—	—	—
40	73,29	0,15	4 mg	5 + 70	59,31	59,58	59,44	1043	68,53
39	73,60	0,12	2 mg	5 + 70	59,16	59,12	59,14	1041,5	68,78
37	70,92	0,70	2 mg	5 + 45	59,12	59,26	59,19	1039	68,56
38	73,38	0,28	2 mg	5 + 50	59,80	59,95	59,87	1041	67,91
					59,25	59,21	59,23	1039	68,51
40	72,36	0,67	1,6 mg	5 + 45					

IV.

Messungen am defibrinierten Blut der Ziegen und Schafe.

Da die Messungen am konservierten Blut unbefriedigende Resultate lieferten, versuchte ich — wie bereits erwähnt — mit Erfolg, mit defibriniertem Blut zu arbeiten. Die Ergebnisse der Oberflächenspannungs-Messungen am Blute von insgesamt 51 Ziegen und 25 Schafen sind in Tab. 10 u. 11 aufgeführt. Im Durchschnitt läßt sich eine Schwankungsbreite der Parallelbestimmungen von 0,13 Tropfen bei Zicklein und 0,12 Tropfen bei Lämmern feststellen.

Die Oberflächenspannung bei 33 Zicklein im Alter von 2—6 Wochen, von denen Nr. 14 mit 68,24 den höchsten und Nr. 9 mit 65,52 den niedrigsten Wert darstellen, beträgt im Mittel 67,48 Dyn/cm. Bei 13 über 1 Jahr alten Ziegen beziffert sich der durchschnittliche Wert auf 67,89 Dyn/cm (höchster Wert = 68,67 Dyn/cm bei Nr. 52 und niedrigster Wert 66,62 bei Nr. 140). Dabei wurden die beiden pathologischen Werte (68,88 Dyn/cm bei Versuch Nr. 139 und 66,03 bei Nr. 103) nicht in die Berechnung der durchschnittlichen Oberflächenspannung einbezogen. Von allen auf Tab. 10 verzeichneten Ziegen sämtlicher Altersstufen findet sich der niedrigste Oberflächenspannungswert (63,97 Dyn/cm) bei einem 6—9 Mon. alten Tier (Nr. 18).

Bei Lämmerblut fand ich als mittlere Oberflächenspannung bei einem Alter von 1—3 Mon. 67,11 Dyn/cm, und bei einem Alter von 4—9 Mon. 67,40 Dyn/cm. Hingegen zeigen erwachsene Schafe über 1 Jahr durchschnittlich eine Oberflächenspannung von 67,71 Dyn/cm. Während sich die niedrigste Oberflächenspannung mit 65,35 Dyn/cm bei einem 6 Monate alten Lamm fand, besaß das Blut eines 4monatigen weiblichen Lammes mit 68,49 Dyn/cm die höchste Oberflächenspannung. Aus den Tab. 10 u. 11 geht hervor, daß das defibrinierte Blut von Ziegen und Schafen hinsichtlich der Größe der stalagmometrisch gemessenen Oberflächenspannung gleich ist.

Die Oberflächenspannung des defibrinierten Blutes von 5 Kälbern im Alter von 4—6 Wochen (Tab. 9) beläuft sich auf durchschnittlich 68,65 Dyn/cm; sie ist demnach höher als die Oberflächenspannung des defibrinerten Lämmer- und Ziegenlämmer-Blutes.

Bei Ziegen und Schafen jeder Altersstufe liegen die Durchschnittswerte der Oberflächenspannung des defibrinierten Blutes immer höher als die am konservierten Blut gefundenen Werte. Man könnte sich das leicht mit einem Entzug oberflächenaktiver Substanzen durch das Fibrin erklären. Aber es ist schwer zu verstehen, daß beim Kälberblut (vgl. S. 22) das Umgekehrte der Fall ist. Nachstehende Tabelle 12 veranschaulicht in kurzer Zusammenfassung diese Besonderheit.

Tabelle 11.

Versuche am defibrinierten Blute der Schafe.

Lfd. Nr.	Datum	Zeit d. Entn.	Zeit d. Vers.	Tierart	Geschlecht	Alter
22.	4. 4. 39	7.45	10.55	schwarz	m.	2—3 Mon
23.	4. 4.	7.45	12.00	weiß	w.	2 Mon
24.	4. 4.	7.30	16.00	„	w.	2 Mon
25.	4. 4.	7.30		„	m.	2 Mon
33.	6. 4.	7.15	19.00	„	m.	6 Mon
35.	14. 4.	8.00	17.00	„	w.	6 Mon
36.	14. 4.	8.00	17.45	„	w.	6 Mon
37.	14. 4.	8.00	18.00	schw.-weiß geh.	m.	10 Mon
38.	14. 4.	8.00	19.00	weiß	m.	12 Mon
100a.	5. 5.	8.00	16.00	schwarz	m.	5 Mon
101.	5. 5.	8.00	17.30	weiß	w.	4 Mon
104.	5. 5.	7.30	16.00	„	m.	24 Mon.
107.	5. 5.	7.00	15.30	„	m.	4 Mon.
108.	5. 5.	7.00	17.00	schwarz	m.	6 Mon.
114.	12. 5.	7.00	14.30	weiß	w.	6 W.
115.	12. 5.	7.00	15.00	„	w.	6 W.
116.	12. 5.	7.30	15.30	„	m.	5—6 Mon.
117.	12. 5.	7.45	17.00	„	m.	6—9 Mon.
127a.	1. 6.	9.30	13.30	„	w.	2 Mon.
132.	7. 6.	8.00	14.00	Merino	w.	1 Mon.
136.	9. 6.	7.30	12.30	weiß	m.	5 W.
143.	14. 6.	8.00	16.00	„	w.	4 J.
144.	14. 6.	8.00	16.30	Merino	w.	4 J.
145.	14. 6.	8.00	17.00	weiß	m.	1½ J.
146.	16. 6.	8.00	11.00	Merino	m.	2 J.

Dichte	Tropfenzahl		Mittelwert	Differenz Tropfen	Oberflächenspannung Dyn/cm
1049,5	61,25	61,17	61,21	0,08	66,97
1045,5	60,79	60,79	60,79	0,00	67,17
1046	60,67	60,63	60,65	0,04	67,36
1045	60,96	60,83	60,90	0,13	67,02
1046	60,71	60,54	60,63	0,17	67,38
1043	60,54	60,50	60,52	0,04	67,33
1051	61,25	—	61,25	—	67,02
1042	60,46	60,46	60,46	0,00	67,31
1045	61,12	61,12	61,13	0,00	66,77
1045,5	60,40	60,40	60,40	0,00	67,60
1045	59,52	59,60	59,56	0,08	68,49
1055	61,10	61,33	61,15	0,23	67,38
1042	60,38	60,31	60,22	0,07	67,58
1046	60,83	61,08	60,96	0,25	67,57
1043	60,81	60,92	60,87	0,11	66,93
1046	62,29	62,75	60,52	0,46	65,35
1047	60,54	60,54	60,54	0,00	67,55
1053	62,08	62,75	60,42	0,63	66,20
1048	60,42	60,29	60,35	0,13	67,82
1042	59,86	59,80	59,83	0,06	68,02
1047	60,60	60,81	60,70	0,21	67,37
1049	60,83	—	60,83	—	67,35
1050	60,46	60,50	60,48	0,04	67,81
1045,5	59,67	59,69	59,68	0,02	68,39
1046	59,58	59,58	59,58	0,00	68,57

Tabelle 12.

Blut konserviert durch	Lämmer	Zicklein	Kälber		
Citrat	—	65,8	—	)	
Oxalat	64,2	66,5	—	)	O'sp
Heparin	64,0	64,1	72,36	)	dyn/cm
Defibrinieren	67,11	67,48	68,65	)	

Oberflächenspannung und Alter.

Folgende Tabelle läßt erkennen, daß das Alter in der Weise von Einfluß auf die Oberflächenspannung ist, daß sie mit zunehmendem Alter ebenso wie das spezifische Gewicht steigt. Allerdings muß man die Einschränkung machen, daß die Anzahl der erwachsenen Tiere verhältnismäßig gering ist, sodaß man nichts Endgültiges sagen kann, und daß sich die geringen Unterschiede nur an den Mittelwerten erkennen lassen.

Tabelle 13.

Oberflächenspannung und Alter.

Tiere	Anzahl	Alter	Dichte	Oberflächenspannung	
Zicklein	33	2—6 W.	1041,6	67,48	Dyn/cm
Ziegen	13	über 1 J.	1045,6	67,82	„
Lämmer	9	1—3 Mon.	1045,8	67,11	„
„	10	4—10 Mon.	1046,5	67,39	„
Schafe	6	über 1 J.	10,48,4	67,71	„

E. Hölzle und ebenso auch A. Hemmer hatten beim Rind für die Oberflächenspannung des Blutes der Kälber im Durchschnitt der Fälle merklich höhere Werte gefunden als bei den ausgewachsenen Tieren. Es scheinen also in dieser Hinsicht ebenso wie in der Gerinnungstendenz oder der Differenz zwischen defibriniertem und konserviertem Blut charakteristische Unterschiede zwischen den einzelnen Wiederkäuern zu bestehen, die noch der weiteren Aufklärung bedürfen.

Oberflächenspannung und Geschlecht. Dichtemessungen.

Von 28 Zicklein waren 13 männl. Geschlechtes, die eine durchschnittliche Oberflächenspannung von 67,56 Dyn/cm aufwiesen. Die 15 weibl. Zicklein hatten im Mittel eine um 0,50 Dyn cm geringere Oberflächenspannung. Von den erwachsenen Tieren standen mir Ziegenböcke selten zur Verfügung, sodaß ich für diese keine derartigen Beziehungen festlegen konnte.

Das spez. Gewicht des defibrinierten Blutes wurde, wie bereits erwähnt, aräometrisch ermittelt. Die durchschnittlichen Zahlenwerte sind aus Tab. 13 ersichtlich. Mit zunehmendem Alter wurde eine Zunahme der Dichte beobachtet.

V. Anhang.

Einfluß der Temperatur auf Tropfenzahl und Oberflächenspannung des defibrinierten Blutes.

Es war von Interesse, die Temperaturabhängigkeit der Oberflächenspannung des Gesamtblutes noch in einem weiteren Bereich, als eingangs erwähnt, zu studieren und vor allem auch Messungen bei Körpertemperatur auszuführen. Wenn der in der Nähe von 18° festgestellte Temperaturkoeffizient selbst von der Temperatur unabhängig wäre, müßte man für 37° C z. B. eine Zunahme der Tropfenzahl um 19×0,15, also um 2,85 Tropfen, erwarten.

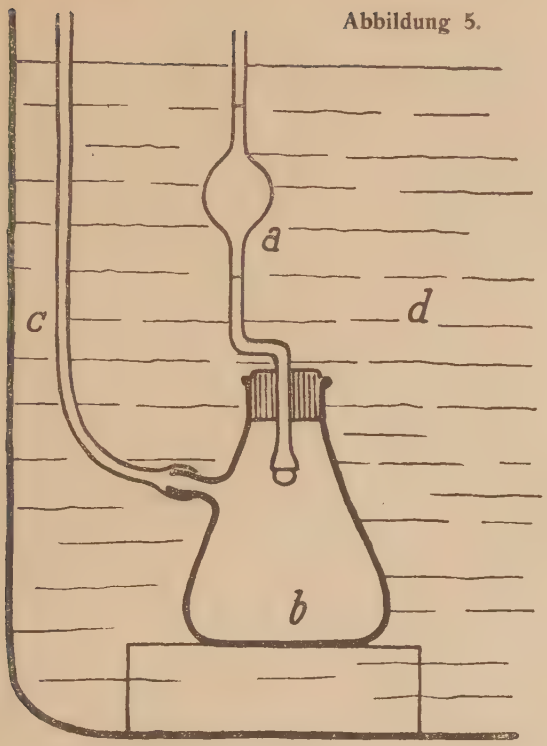
Für die Versuche bei 37° verbrachte ich das Stalagmometer, dicht auf einer Saugflasche befestigt, in ein entsprechend temperiertes gläsernes Wasserbad. Die nachstehende Zeichnung (Abb. 5) gibt die Versuchsanordnung schematisch wieder. Die Ergebnisse sind in Tab. 14 enthalten.

Es zeigte sich, daß die Oberflächenspannung bei Körpertemperatur erheblich niedriger war als man nach dem Temperaturkoeffizienten für 18° erwarten konnte. Die Tropfenzahl ist nicht um 2,85, sondern um 4½ bis 5 Tropfen größer als bei 18°. Diese Erscheinung kann aber durch die erhebliche Abnahme der Viskosität bedingt sein, denn eine Verkürzung der Ausflußzeit müßte nach den Angaben von Hölzle (l.c. S. 11) zu einer Erhöhung der Oberflächenspannung und damit zu einer Verminderung der Tropfenzahl führen.

Tabelle 14.

Nr.	Datum	Zeit d. Ent.	Zeit d. Vers.	Tier	Alter	Dichte	Temp. u. Tropfza	
125.	17. 5.	7.00	10.00	Lamm	3 Mon.	1053	15,8°	60,
						1053	13,8°	59,
125.	17. 5.	7.00	10.00	„	3 Mon.	1053	13,8°	59,
						1052	17,0°	60,
132.	7. 6.	7.30	15.00	„	1 Mon.	1042	22,7°	60,
						1040	18,6°	5[illegible]
143.	14. 6.	8.00		w. Schaf	4 J.	1049	18,0°	60,
						1045	37,0°	65,
144.	14. 6.	8.00		„	4 J.	1050	18,0°	60,
						1046,5	37,0°	65,
148.	18. 6.			Ziege	4 J.	1044	19,0°	60,
							36,5°	64,
149.	10. 6.	9.00	16.00	Kalb		1039	23,0°	60,
						1036	37,0°	63,
146.	16. 6.			Schaf	2 J.	1046	18,0°	59,
							23,6°	61,
							37,0°	75,

Abbildung 5.



a) Stalagmometer

b) Saugflasche

c) Gummischlauch

d) Wasserbad

Temperatur-Differenz	Abnahme der Tropfzahl pro 1 °	Bemerkungen
2,0 °	0,16	
3,2 °	0,15	
4,1 °	0,17	
19,0 °	0,25	Blut über Nacht im Eisschrank gestanden, aber keine Aenderung der Tropfzahl eingetreten.
19,0 °	0,26	
17,5 °	0,22	
14,0 °	0,22	Ueber Nacht im Eisschrank.
5,6 °	0,28	Luftblasenbildung am Stalagmometer

VI. Zusammenfassung.

1. Oberflächenspannungsmessungen mit dem Stalagmometer nach Traube am Zitrat-, Oxalat- und Heparinblut der Schafe und Ziegen brachten keine befriedigenden Ergebnisse. Neben unregel- und ungleichmäßigen Tropfen kam es häufig beim Abtropfen zur Bildung eines feinen Fadens, der wahrscheinlich aus Fibrin oder einer gelartigen Vorstufe desselben besteht. Im Durchschnitt betrug die größte Differenz der Tropfenzahlen von Parallelbestimmungen beim Zitratblut 2,28 Tropfen (7 Tiere), bei mit Kalium-Oxalat konserviertem Gesamtblut von 4 Ziegen- und 3 Schaflämmern 5,28 bzw. 3,6 und beim Heparinblut der Zicklein und Lämmer 2,25 bzw. 1,74 Tropfen. Die Oberflächenspannung betrug im Mittel bei Zitratblut von Zicklein 65,8 Dyn/cm, beim Oxalatblut von 3 Lämmern 64,2 und vier Zicklein 66,5 Dyn/cm, beim Heparin-Lämmerblut 64,0 und beim Heparin-Ziegenlämmerblut 64,1 Dyn/cm.
2. Bei am defibrinierten Gesamtblut ausgeführten Oberflächenspannungsmessungen wurden gute Resultate erzielt. Das Abtropfen erfolgte ohne sichtbare Unregelmäßigkeiten. Die Oberflächenspannung belief sich bei 33 Ziegenlämmern im Alter von 2—6 Wochen auf 67,48 Dyn/cm, während 13 erwachsene Ziegen einen Mittelwert von 67,82 Dyn/cm hatten. Bei 9 Lämmern im Alter von 1—3 Mon. wurde ein mittlerer Oberflächenspannungswert von 67,11 Dyn/cm und bei einem Alter von 4—10 Mon. 67,39 Dyn/cm gefunden, während bei erwachsenen Schafen (6 Tiere) — ähnlich wie bei den erwachsenen Ziegen — sich die höhere Oberflächenspannung auf 67,71 Dyn/cm bezifferte. Die niedrigste Oberflächenspannung wurde bei den defibrinierten Ziegenblutproben mit 63,97 Dyn/cm, und die höchste mit 68,88 Dyn/cm errechnet. Bei Schafen lagen die Werte zwischen 65,35 und 68,49 Dyn/cm.
   15 weibliche Ziegenlämmer hatten gegenüber 13 männlichen im Mittel eine um 0,50 Dyn/cm geringere Oberflächenspannung.
3. Kontrollversuche am Kälberblut ergaben, daß hier das defibrinierte Blut mit 68,65 Dyn/cm — im Gegensatz zu den konservierten Blutproben bei Ziegen und Schafen — einen niedrigeren Oberflächenspannungswert als das Heparinblut (71,93) zeigte. Hier war die größte Schwankungsbreite der Tropfenzahl zweier Parallelbestimmungen nur 0,30 Tropfen.

Zum Schluß sei mir gestattet, Herrn Professor Dr. J. Paechtner für die Ueberlassung der Arbeit sowie für die große Anteilnahme und die stets freundliche Beratung herzlich zu danken.

Ferner möchte ich an dieser Stelle Herrn Dr. Gürsching für seine stete freundliche Unterstützung bei allen Schwierigkeiten und seine Mithilfe bei der Aufnahme des Filmes herzlichen Dank sagen.

Schrifttum.

1. **Adlersberg, D., Singer, E.:** Mitteilungen über die Oberflächenspannung des Serums bei normalen und pathol. Zuständen. Zeitschr. für d. ges. exp. Med. **46**, 500 (1925).
2. **Ascoli, A.:** Ueber die Meiostagminreaktion bei Maul- und Klauenseuche. Z. f. Inf.-Kr. der Haustiere, von Ostertag, Joest und Wolfhügel, **8**, 308 (1910).
3. **Beckmann, K.:** Ist die Oberflächenspannung des Blutserums eine konstante Größe? Klin. Woch. **5**, 215 (1926).
4. **Benmon, Ed., Béguet, M.:** La tension superficielle du sérum chez l'homme normal et dans quelques états pathologiques. (Inst. Pasteur, Alger), C. r. Soc. Biol., Paris **110**, 54 (1932).
5. **Benmon, Ed., Béguet, M.:** La tens. superfic. au cours de la digestion. (Inst. Pasteur, Alger). C. r. Soc., Biol. Paris **110**, 56 (1932).
6. **Busch, G.:** Oberflächenspannung des Serums infizierter Meerschweinchen. Z. Immunforschung, **85**, 187—194 (1935).
7. **Brinkmann, R.:** Sur la tension superfic. du sang humain normal. (Labor de physiol. univ. Groningen). Arch. néerland. de physiol. de l'homme et des anim. **7**, 258 (1922).
8. **Clerc, A., R. Paris, Noel Deschamps et J. Sterne:** Sur la mesure de la tens. superfic. du sang par un procédé stalagmométrique spécial., C. r. Soc. Biol. Paris **112**, 779, (1933).
9. **Ciatti, P.:** La tensione Superfic. del siero nella piretoterapia. Ann Osp. psychiatr. Prov. Genova **7**, 79—82 (1935).
10. **Cosmovici, Nicolas, Jituriu, P.:** L'Étude comparative de la tension superf. de la lymphe et du sang du chien. C. r. Soc. Biol. Paris **117**, 520—521 (1934).
11. **Eufinger, H.:** Die Oberflächenspannung des Serums während der Schwangerschaft. Un.-Frauenklin. Frankfurt a. M., Mon.-Schr. f. Geburtshilfe u. Gynäkol. **79**, H. 415, 271 (1928).
12. **Gable u. Simchowitz:** Zit. nach Beckmann (Nr. 3).
13. **Hemmer, A.:** Untersuchungen am Blute hochträchtiger Kühe und ihrer Kälber. (Tierphys. Inst. d. Univ. München), Diss. (1934).
14. **Hercik, Ferd.:** Oberflächenspannung in der Biologie und Medizin. Dresden—Leipzig: Theod. Steinkopf, 1934.
15. **Hölzle, E.:** Ueber die Oberflächenspannung des Kälberblutes (Tierphys. Inst. d. Univ. München), Diss. 1938.
16. **Izar, G.:** Klinische Erfahrungen mit der Meiostagmin-Reaktion bei Typhus, Tuberkulose, Echinokokkus und Ankylostomakrankheit. Münchener Med. Wochenschr. Nr. 16, 842 (1910).
17. **Jendrassik, L., Geldrich, J.:** Abhängigkeit der Oberflächenspannung des Blutserums von der pH. Biochem. Zeitschr. **174**, 99 (1926).

18. **Junker, H.:** Fehlerquellen und Ungenauigkeiten bei Oberflächenspannungsmessungen mittels der Tropfapparate (Pils. Forsch.-Inst., Allg. Krankenh. Eppendorf, Univ. Hamburg), Kolloid. Z. **52**, 231 (1930).

19. **Kapaczewski:** Rôle de la tension superfic. en biologie. Mise au point. Protoplasma, Berlin **19**, 255—292 (1933).

20. **Kaunitz, H., Kent, H.:** Ueber die klinische Bedeutung von Veränderungen der Oberflächenspannung des Blutserums, Zeitschr. für Klin. Med. **131**, H. 2 u. 3 (1937).

21. **Klineberger u. Carl:** Die Blutmorphologie der Laborat.-Tiere, Leipzig (1927).

22. **Luy, P.:** Chemische und physiko-chem. Untersuchungen des Blutes und Serums normaler und an infektiöser Anämie erkrankter Pferde. Hannover (1930).

23. **Mazenauer, V.:** Ueber Methoden der Messung der Oberflächenspannung biologischer Flüssigkeiten mit bes. Berücksichtigung der Brinkmannschen Ring-Methode, Berichte über d. gesamte Physiol. u. exp. Pharmakol., **41**, 292 (1934).

24. **Michaelis, L.:** Abderhaldens Handb. der biol. Arbeitsmethoden, V, 500.

25. **Nicholls, Elis.:** The surface tension of human blood under normal and pathological conditions. Bull. of the John Hopkins Univ., Bd. **42**, Nr. 6, S. 358—395 (1928).

26. **Nouy Du, P. Lecomte:** Les phénomènes de tens. superfic. en biologie (Inst. Rockefeller, New York). Cpt. rend. des séances de la soc. de biol. **89**, 1076 (1923).

27. **Paechtner, J.:** Blut und Lymphe; in Vergleichende Physiologie der Haussäugetiere von Ellenberger und Scheunert, Berlin 1925.

28. **Sauer, W.:** Die Oberflächenspannung des Blutserums unter normalen und pathologischen Bedingungen, bes. bei der Lungentuberkulose, Biochem. Zeitschr. **168**, (1926).

29. **Schwahn:** Diss. Greifswald 1924.

30. **Solowiew, E. M.:** Oberflächenspannung des Serums Gravider und Krebskranker (Abt. f. exp. Med., Bakt. Inst. Kiew), Zeitschr. f. Krebsforsch., **22**, 265 (1925).

31. **Tominaga, Tyuzi:** Ueber die Bestimmung der Oberflächenspannung biologischer Flüssigkeiten mit der Torsionswage (Physiol. Inst. der Univ. Groningen), Biochem. Zeitschr. **140**, 230 (1923).

32. **Traube, S.:** Pflügers Arch. **105**, 541 u. 559 (1904) und **123**, 419 (1908).

33. **Trautmann, A.:** Chem. u. phys. Untersuchungen des Blutes gesunder Schafe. Biochem. Zeitschr. **241**, 260 (1931)

34. **Wirth, D.:** Grundlagen einer klinischen Hämatologie der Haustiere, Urban u. Schwarzenberg, Berlin—Wien (1931).

Lebenslauf.

Ich, Alfons Schunck, wurde am 2. Juni 1912 zu Webenheim (Saar) geboren. Vier Jahre lang besuchte ich dort die Volksschule. Anschließend war ich vom 13. April 1923 bis 17. März 1932 Schüler der Oberrealschule Zweibrücken, wo ich mich im Februar 1932 der Reifeprüfung unterzog. Nach dreimonatiger freiwilliger Arbeitsdienstzeit begann ich im Mai 1934 das Studium der Veterinärmedizin an der Universität München. Daselbst legte ich nach dem Wintersemester 1933/34 die Tierärztliche Vorprüfung und nach weiteren fünf klinischen Semestern im Herbst 1938 das Staatsexamen ab. Am 2. April 1939 wurde mir die Bestallung als Tierarzt erteilt. Vorliegender Arbeit widmete ich mich während meiner Praktikantenzeit am Städt. Schlachthof Ludwigshafen und eines drei Monate langen Aufenthaltes am Tierphysiologischen Institut der Universität München.

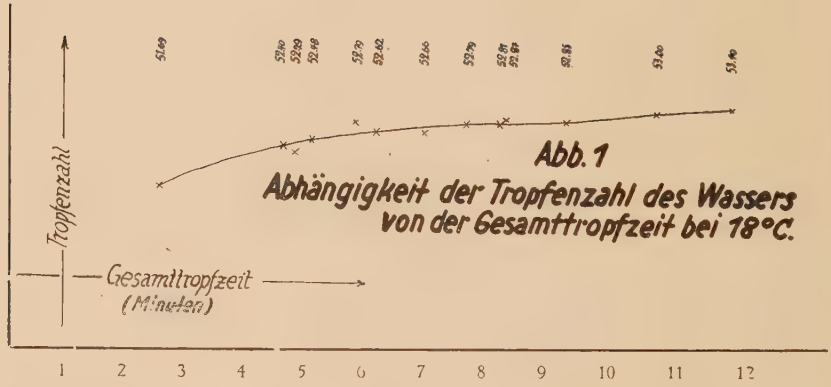


Abb. 1

Abhängigkeit der Tropfenzahl des Wassers von der Gesamttropfzeit bei 18°C.

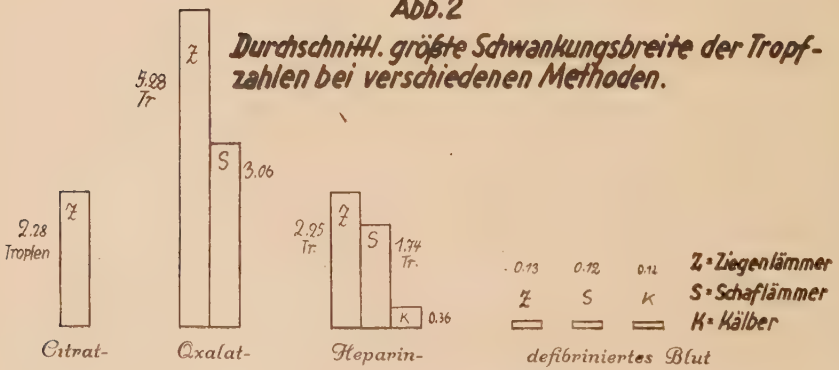


Abb. 2

Durchschnittl. größte Schwankungsbreite der Tropfzahlen bei verschiedenen Methoden.

Abtropfen von defibriniertem Blut
(Lamm).

I. Phase

II. Phase

Abbildung 3.

Abtropfen von defibriniertem Blut
(Lamm; Fortsetzung).

III. Phase.

Abtropfen von Heparin-Blut
(Ziegenlamm, 2 mg Heparin in 90 ccm Blut).

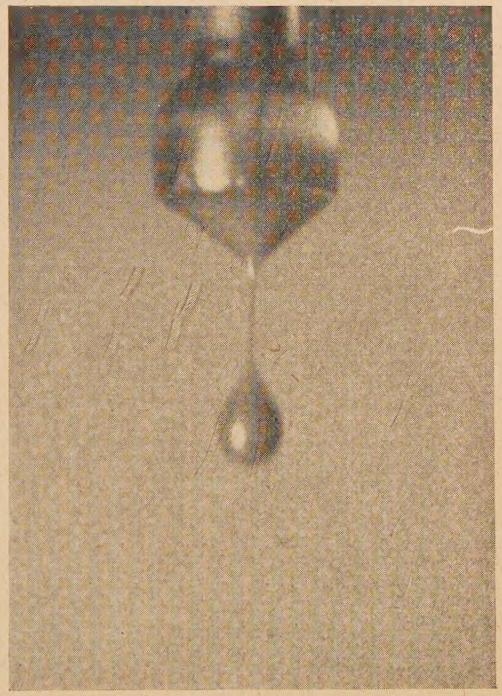
I. Phase

II. Phase

Abbildung 4.

Abtropfen von Heparin-Blut
(Fortsetzung: Fädchenbildung).

III. Phase



IV. Phase